

# MOOC CLIMAT

Causes et enjeux du changement climatique



## SEMAINE 6 : LE CHANGEMENT CLIMATIQUE À LA CROISÉE DES CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIÉTAUX

*Ce document contient les transcriptions textuelles des vidéos proposées dans la partie « Les changements sociétaux » de la semaine 6 du MOOC « Causes et enjeux du changement climatique ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.*

### *Changement climatique et développement*

**Gaël GIRAUD**

*Chef économiste – AFD*

Alors aujourd'hui je vais vous parler des liens qui unissent la question du changement climatique et la question du développement.

- Pendant des années, en gros jusqu'à il y a une vingtaine d'années, on a eu l'habitude de considérer que ces deux thèmes étaient complètement disjoints, séparés et n'avaient pas grand-chose à voir l'un avec l'autre. Mais heureusement, depuis 20 ans, entre autre grâce aux efforts de l'Agence Française de Développement, on a compris que ces deux sujets étaient intrinsèquement liés.

- Pourquoi ? Parce que les principales victimes du changement et du dérèglement climatique vont être les pays du Sud et que leur trajectoire de développement ne pourra pas se faire sans une prise en compte explicite, consciente, audacieuse de la manière dont ces pays vont réussir ou non à s'adapter au changement climatique et vont réussir ou non à réduire leurs propres émissions de gaz à effet de serre.
- Donc là ici, sur la première diapositive, vous voyez une image d'agroforesterie à Quito, en Équateur, c'est un exemple parmi beaucoup d'autres de projet de développement agricole qui soit soutenable écologiquement et qui essaie d'adresser à la fois la question du développement économique, social et du dérèglement climatique.
- Alors, sur cette deuxième diapositive, vous voyez, qui vient du *World Development Report* de 2010, vous voyez les principaux pays vulnérables aux événements climatiques extrêmes dont on sait que la fréquence va augmenter à cause du réchauffement climatique.
- ⇒ Et la première remarque qu'il faut faire, c'est que la grande majorité de ces pays sont des pays du Sud, les pays littoraux. Ce qui veut dire qu'il y a une très grande injustice dans la manière dont vont se répartir les impacts du dérèglement climatique : les principales victimes seront au sud.
- ⇒ Et ça pose pour elles, pour ces pays, un problème majeur qui est celui de l'adaptation : la plupart des pays du Sud considèrent que la question de l'adaptation de leurs économies, de leurs villes en particulier aux risques climatiques est la priorité bien davantage que celle de la réduction des émissions de gaz à effet de serre.
- Pourquoi est-ce que ce sujet est vital pour ces pays ? Mais parce qu'en fait on sait grâce au dernier rapport du GIEC que nous sommes engagés au niveau planétaire sur une trajectoire d'émissions de gaz à effet de serre qui est absolument catastrophique puisque si nous continuons ce que l'on appelle le *business as usual*, c'est-à-dire la trajectoire que nous avons déjà entamée, et bien très vraisemblablement, nous devrions atteindre une augmentation de la température moyenne à la surface du globe supérieure à + 2°C à la fin du siècle.
- Alors de quoi s'agit-il ? En fait il s'agit de comparer la température moyenne à la surface de cette planète aujourd'hui avec celle qui prévalait au début de la révolution industrielle, c'est-à-dire au début de cette extraordinaire transformation au terme de laquelle nous avons substitué à nos sociétés essentiellement agricoles des sociétés industrielles essentiellement basées sur la consommation d'énergie fossile et donc sur le carbone et donc du coup des sociétés extraordinairement émettrices de gaz à effet de serre.
- Du coup, au moment de la révolution industrielle, la température moyenne à la surface de la planète c'est +15°C et ce que nous disent les climatologues, en particulier le GIEC, c'est

que si nous augmentons cette température au-delà de 17 et bien nous nous exposons à de graves difficultés, en particulier les pays du Sud.

- ⇒ Si on en croit le GIEC, la trajectoire du *business as usual* nous conduira très vraisemblablement à +3, +4, voire +5°C à la fin du siècle.
- Ce que nous disent les climatologues, c'est qu'au-delà de +5°C, la vie humaine sur cette planète va devenir extrêmement précaire et qu'en plus, déjà à +3, nous allons nous exposer à toute une série de difficultés majeures puisque très vraisemblablement, avec +3°C, la fertilité des sols va s'effondrer, le rendement agricole des terres que nous utilisons, que nous exploitons aujourd'hui pour produire de la nourriture va s'effondrer, ce qui va rendre extrêmement compliqué la résolution de l'équation qui est en face de nous, qui est de nourrir 9 milliards, - 9,5 milliards d'habitants sur cette planète à l'horizon 2050.
- Sur cette deuxième diapositive, ce que vous voyez apparaître c'est la manière dont les principaux pays du Nord sont les principaux responsables des émissions de gaz à effet de serre, en particulier de dioxyde de carbone.
- ⇒ Donc jusqu'à une date récente, en termes de flux annuels, le principal polluant de la planète c'était les États-Unis qui a été doublé par la Chine tout à fait récemment, et aujourd'hui la Chine est le principal pollueur suivi par les États-Unis, l'Europe des 28, l'Inde.
- ⇒ Maintenant si on regarde en stock, ce que vous ne voyez pas sur cette diapositive, les États-Unis sont également doublés par la Chine mais c'est tout à fait récent et ont été pendant très longtemps le principal pollueur en termes de stocks, c'est-à-dire de quantité de gaz à effet de serre accumulée dans l'atmosphère.
- Alors ce que ceci nous montre, c'est qu'il y a un hiatus terrible entre l'origine du problème, la pollution et les victimes.
- ⇒ L'origine se trouve principalement au nord, à l'exception de la Chine, et les victimes se trouvent principalement au Sud.
- Ce qui induit un problème majeur dans les négociations internationales pour essayer de trouver des accords sur les climats puisque les pays du Sud font à juste titre le reproche aux pays du Nord d'être les principaux responsables du problème et d'être en plus les pays riches, qui sont capables de mettre de l'argent sur la table pour financer les efforts d'adaptation et d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre alors que les principales victimes sont au Sud.

- Heureusement, il existe un certain nombre d'institutions qui essaient de faire face à ces problèmes et de faciliter le financement des investissements, des infrastructures qui vont permettre aux pays du Sud de faire face aux dangers qui les menacent aujourd'hui.
- ⇒ Parmi ces institutions, l'Agence Française de Développement, depuis plus d'une dizaine d'années maintenant tente de financer des projets qui visent à la fois à l'atténuation et à la diminution des émissions de gaz à effet de serre et à l'adaptation des pays du Sud aux événements climatiques extrêmes.
- ⇒ Sur les 10 dernières années, le volume des financements de l'AFD dépasse les 15 milliards d'euros, ce qui est tout à fait significatif et aujourd'hui, la moitié des projets financés par l'AFD sont des projets à impact positif sur le climat.
- Ce que vous voyez sur la diapositive actuelle, c'est la manière dont se répartissent les différents secteurs visés par les projets financés par l'AFD en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre.
- L'AFD, heureusement, n'est pas toute seule dans ces efforts-là, elle fait partie d'un grand club, ADFC, qui contient 22 banques de développement, dont le bilan total c'est un peu plus de 2000 milliards d'euros alors 2000 milliards d'euros c'est l'équivalent du PIB français, c'est l'équivalent du bilan de BNP Paribas et donc ces 22 banques tentent depuis plusieurs années d'aider les pays du Sud à financer leurs efforts.
- ⇒ Vous imaginez bien que vu l'ampleur du sujet ça ne suffit pas et donc, du coup, les Nations Unies ont lancé l'année dernière la création d'un grand fonds vert, *green fund*, qui est chargé d'aider lui aussi à financer des projets d'investissement, d'infrastructures, à la fois en adaptation et en atténuation dans les pays du Sud.
- La question qui nous est posée aujourd'hui c'est comment financer le Fonds Vert lui-même ? C'est-à-dire comment faire en sorte qu'il ait suffisamment de fonds propres, de capital propre pour pouvoir emprunter sur les marchés et prêter à bas taux aux pays du Sud ?
- ⇒ Donc là il y a un enjeu qui va se révéler tout à fait décisif pour les négociations climat qui vont avoir lieu à Paris en décembre de cette année.
- ⇒ Si nous ne réussissons pas à trouver des solutions de financement innovantes, intelligentes, qui permettent de convaincre les pays du Sud de la volonté des pays du Nord d'aider la totalité de la planète à s'engager dans ce grand projet qu'est devenu la transition écologique, il est assez vraisemblable que les pays du Sud bloquent les efforts de négociations.
- C'est la raison pour laquelle le Président de la République, François Hollande, a lancé en janvier dernier une commission présidentielle ad hoc, présidée par l'ancien ministre

Pascal CANFIN et par l'économiste – ingénieur Alain GRANDJEAN pour étudier les solutions de financement innovantes des efforts de transition vers les pays du Sud que l'on peut mettre sur la table en vue de préparer les négociations de la COP 21.

- Cette commission va rendre publiques ses conclusions à la mi-juin et les résultats vont être tout à fait positifs, c'est-à-dire qu'elle va montrer qu'il existe toute une panoplie d'outils de financement innovants, intéressants, tout à fait crédibles, convaincants qui vont de la taxe sur les transactions financières à l'usage des DTS (des Droit de Tirage Spéciaux du FMI), en passant par toute une série d'autres initiatives qui vont permettre, on peut l'espérer, de faire démarrer les négociations de la COP 21 sur un pied tout à fait favorable à la création d'un accord.

# Sécurité alimentaire et adaptation de l'agriculture et des pêches aux impacts des changements climatiques

**Omer CHOUINARD**

*Professeur – Université de Moncton*

Qu'est-ce que la sécurité alimentaire ? Nous allons partir d'une définition du Sommet Mondial de l'Alimentation que l'on nous a léguée en 1996 : « la sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, la possibilité physique, sociale et économique de se procurer une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins et préférences alimentaires pour mener une vie saine et active. ».

Soulignons que le premier qui a adressé cette question de la sécurité alimentaire fut Thomas MALTHUS qui, au XIXe siècle, a commencé à nous introduire à la question de l'augmentation de la population par rapport à la disponibilité de nourriture en nous disant : la population augmente à un rythme exponentiel alors que la nourriture augmente à un rythme linéaire.

- ⇒ Donc il est inévitable que l'on va avoir un problème à un moment donné.
- D'où l'importance qu'on a mis de développer une agriculture plus massive, avec des cultivars plus productifs, avec aussi des produits, des intrants comme des insecticides, des pesticides et également l'accès aux produits énergétiques et l'irrigation qui a augmenté de façon considérable la production agricole au XXe siècle.
- Donc même si on a eu une augmentation importante de la population, il y a eu une diminution de la question de l'insuffisance alimentaire.
- Cependant, cette augmentation-là de l'agriculture au moyen d'intrants nous a causé d'énormes problèmes environnementaux, en particulier par la dégradation de l'environnement et des sols, par la contamination des écosystèmes aux biocides, par toute la question de l'eutrophisation des milieux aquatiques, par la question de la perte de biodiversité, et que ce soit en milieu naturel ou en milieu agricole, par la déforestation à l'échelle mondiale et par l'épuisement de l'eau, tant des eaux de surface que des nappes phréatiques.
- Également, l'impact des changements climatiques est venu aggraver cette situation-là parce qu'on a à faire à des températures plus élevées, à des précipitations qui ont changé selon les régions du monde, à l'augmentation d'événements extrêmes - que ce soit les inondations, que ça soit les sécheresses, que ce soient des tempêtes de grêle, que ce soient

des vents violents -, à la désertification qui actuellement touche 900 millions de personnes à l'échelle planétaire, et à l'intrusion de l'eau salée dans les nappes phréatiques principalement dans les régions côtières.

- ⇒ Que dire maintenant de la question des océans qui eux, sont responsables de l'alimentation, de protéines alimentaires pour plus d'un milliard de la population à l'échelle planétaire ?
- Donc, qu'est-ce que ça nous amène comme conséquence ? C'est que l'on a tendance à surpêcher, on a tendance à augmenter, il y a une augmentation des températures qui se fait aussi, une augmentation sensible des températures que l'on voit à l'échelle planétaire et dans différentes régions du monde, ce qui entraîne une acidification.
- ⇒ L'acidification qui a un effet sur les coraux qui sont des habitants importants pour les poissons, à des changements de cycle climatique qui a un effet important sur les migrations des espèces par exemple que l'on pense aux anchois au Pérou, que l'on pense aux saumons en Colombie Britannique ou encore au Japon.
- Ça nous amène aussi à des solutions qu'il faut envisager :
  - D'un côté la solution que l'on cherche toujours, c'est d'aller du côté des technologies et d'accroître les intrants, les OGM et on sait que ce sont des solutions qui sont très controversées à l'échelle planétaire.
  - Ceci nous amène à un autre élément qui prend de plus en plus d'ampleur, qui est l'importance des connaissances traditionnelles locales pour avoir une agriculture qui est plus centrée sur l'agriculture à l'échelle locale, par exemple la culture supportée par la communauté, également une agriculture davantage biologique et respectueuse de l'environnement, une agriculture aussi urbaine plus près des populations.
  - Et il ne faut pas oublier comme solution aussi tout l'accès aux outils d'information qui nous sont donnés pour être en mesure de mieux planifier l'agriculture, de mieux prévoir qu'est-ce qui en vient et d'être en mesure d'avoir un ajustement par rapport au changement climatique qui nous assaille.
- De nouvelles approches découlent de là, par exemple toute la question du mouvement slow food qui a été développée à partir de l'Italie en 1986 en critique au fast-food.
- ⇒ Tout le lien entre les producteurs et les consommateurs, avec les liens entre les villes et les régions rurales pour avoir une agriculture beaucoup plus près des populations et qui réponde aux besoins des populations locales.
- Une agriculture en circuit fermé qui est moins dommageable et aussi, une préservation des sols, de l'eau et des ressources ainsi qu'un mouvement qui prend racine depuis une

dizaine d'années en 2006, a été développé en Angleterre : le mouvement « villes en transition ».

- Enfin, on ne peut pas passer sous silence toute la question de la situation des femmes qui sont responsables de 80 à 90 % de l'agriculture en Afrique et en Asie et aussi de la transformation des produits agricoles.
- ⇒ On le voit que ce soit au Sénégal, au Bénin, ou encore que ça soit ici dans les pays que l'on dit développer où ce sont les femmes qui font essentiellement la transformation des produits de la pêche dans des conditions difficiles, donc qui ont des conditions de travail vulnérables et qui sont plus sujettes à des problèmes de maladies industrielles.

Donc tout ça nous conduit à des changements d'habitudes alimentaires et des modes de gestion qui nous amènent à avoir une réflexion sur la consommation de viande rouge, sur la question de l'impact de l'utilisation du sushi par exemple qui utilise des espèces comme le thon qui sont des espèces vulnérables, à la question également de l'alimentation axée sur les saisons, de favoriser davantage les produits locaux à l'échelle locale, le respect des quotas de pêche et aussi à une gestion écosystémique et intégrée, que ce soit à l'échelle des bassins versants, que ce soit au niveau forestier ou que ce soit au niveau de l'agriculture.

# Changement climatique et maladies infectieuses

**Jean-François GUEGAN**

Directeur de recherche – IRD

Parmi les conséquences des changements climatiques attendues ou prévisibles, il en est une qui concerne les effets sanitaires. Les effets sanitaires peuvent être vrais pour les populations de plantes, pour les populations animales mais aussi pour les populations humaines et je concentrerai ici ma présentation uniquement sur les populations humaines et les conséquences sanitaires.

- On peut dès lors se poser la question à 2050 avec la modification du changement, notamment ici dans la région parisienne, si les populations humaines dans la région parisienne souffriront beaucoup plus de pathologies tropicales et en particulier du paludisme, de la dengue comme semble l'indiquer ou l'annoncer ces deux petits insectes que je vous présente sur cette diapositive.
- Prenons un premier exemple avec le choléra qui est dû à une bactérie aquatique, *Vibrio cholerae* qui est une bactérie qui vit dans les systèmes marins côtiers et en général des zones tropicales comme ici le Bangladesh, dans le golfe du Bengale.
- Si vous analysez l'évolution du nombre de cas que l'on va appeler ici des épidémies de cas de choléra au cours d'une année, on va remarquer que ces épidémies et l'augmentation du nombre de cas (ici présentés en rouge) est hautement corrélée avec un paramètre en particulier qui est la température de surface de l'eau (ici présentée en bleu).
- Au cours d'une année, on observe en général deux pics épidémiques comme présentés sur cette diapositive et le lien entre les cas de choléra, la bactérie responsable du choléra - *Vibrio cholerae* -, et la température de surface de l'eau s'explique par la niche écologique occupée par la bactérie qui va dépendre pour sa dynamique de population de l'augmentation de la température de surface de l'eau.
- Qu'observe-t-on maintenant si on prend et on considère cette même bactérie, ces mêmes épidémies de cas de choléra mais au cours de plusieurs années ?
- ⇒ On observe cette même régularité, c'est-à-dire une cyclicité ou périodicité dans les épidémies ici présentées en noir pour deux villes qui sont Calcutta et Matlabe au Bangladesh et en Inde et ces pics épidémiques de cas de choléra sont conditionnés et

hautement corrélés à plusieurs paramètres dont, ici en rouge, toujours cette température de surface de l'eau.

- Pour le moment nous n'avons pas introduit l'idée du et des conséquences du changement climatique sur cette dynamique d'épidémie.
- ⇒ Et bien, lorsque l'on prend les cas de choléra sur plus de 100 ans, c'est-à-dire des séries temporelles très longues que l'on croise avec un paramètre en particulier qui est ici l'oscillation de l'océan Indien qui est un paramètre hautement corrélé avec le phénomène El Nino / El Nina donc qui va dépendre de dérèglements climatiques à large échelle, on remarque que les cas de choléra sont hautement conditionnés par les valeurs prises par cette oscillation de l'océan Indien et dans la partie terminale de cette courbe à partir des années 90 - 2000, on observe une augmentation de cas de choléra au Bangladesh, conditionnée par une variabilité et une irrégularité de l'oscillation de l'océan Indien.
- Si nous prenons maintenant un deuxième exemple, toujours une bactérie, toujours aquatique mais qui ici vit dans les écosystèmes d'eau douce et qui est présente en Guyane française où on va observer des cas d'une deuxième maladie que l'on appelle l'ulcère de Buruli, avec l'illustration que je vous donne et qu'on refait ce même genre de travail. Qu'observe-t-on ?
- Ici en bleu, vous avez les cas d'ulcère de Buruli qui vont produire des épidémies et que l'on corrèle à un paramètre qui est ici indiqué en rouge et qui est la pluviométrie dans la zone.
- On analyse d'un point de vue statistique ces données (donc c'est le schéma du bas), toujours en bleu vous avez les cas d'ulcère de Buruli en Guyane française sur environ 47 ans et que l'on corrèle avec la pluviométrie dans la zone.
- ⇒ On observe que les pics épidémiques de cas d'ulcère de Buruli en Guyane française sont toujours ou apparaissent préférentiellement dans les périodes de moindre pluie.
- ⇒ On observe aussi dans la phase terminale de cette série temporelle qu'avec une augmentation de la quantité de pluie déversée dans la sous-région et en particulier en Guyane française, avec cette augmentation que vous observez, on observe aussi une augmentation du nombre de cas d'ulcère de Buruli en Guyane française. Comment l'explique-t-on ?
- ⇒ On l'explique simplement par le fait qu'avec une diminution du nombre de pluies dans la zone, vous allez avoir un assèchement d'un certain nombre d'écosystèmes et en particulier des marécages tels que présentés sur cette diapositive et qui montre que lorsque que ces marécages sont asséchés, un certain nombre d'individus de populations vont pouvoir fréquenter ces nouveaux habitats desséchés alors qu'ils ne pouvaient pas le

faire au préalable, pour en particulier la pêche ou la chasse et dès lors ils seront mis en contact et exposés avec une mycobactérie, *Mycobacterium ulcerans*, qui naturellement est présente dans ce type d'écosystèmes.

- Donc ici, on a un lien indirect entre changement climatique, modification d'habitat et maladie infectieuse qui augmente, tout simplement parce que de nouveaux habitats sont créés qui permettent une plus grande exposition par les individus et les populations humaines.

À partir des années 90 et jusqu'aux années 2000, nous avons vu une quantité impressionnante de productions scientifiques, de travaux sur le thème changement climatique et maladies infectieuses avec énormément de productions montrant des cartes (ici tout en rouge), pour le paludisme dans le monde, c'est-à-dire montrant une très nette augmentation du nombre de cas de paludisme dans le monde avec le dérèglement climatique et notamment l'augmentation de la température sur terre.

Que sait-on aujourd'hui ? Et peut-on essayer de faire le point sur ce sujet ?

- Si nous prenons un troisième exemple d'un travail extrêmement récent qui concerne le virus West Nile, virus du Nil occidental, et qui est aussi transmis par des insectes - donc on parle de maladie vectorielle -, mais ici ce ne seront plus des anophèles qui transmettent le parasite responsable du paludisme, mais des culex qui vont transmettre le virus du Nil occidental.
- Ce virus est apparu aux États-Unis et en particulier dans le nord du continent et est aussi présent au Canada dans la partie Est de ce territoire et vous voyez sur la partie gauche sa très nette augmentation sur plusieurs années puisqu'il est aujourd'hui présent dans les états du sud-ouest des États-Unis.
- Si l'on modélise maintenant l'évolution possible ou attendue de la distribution du virus du West Nile, ou plutôt du vecteur qui est responsable de sa transmission, en regard du changement climatique et que l'on adresse des projections à 2050 pour le Nord du continent américain, et on observe une très nette progression parce que les niches écologiques seront beaucoup plus favorables à la progression de ces fameux culex qui transmettent ce virus plus au nord des États-Unis mais aussi dans certaines provinces du Canada.
- ⇒ Tout simplement parce que les conditions seront propices pour les populations de culex vecteurs de ce virus pour se développer, mais ces travaux ne tiennent absolument pas compte à savoir si ces populations de culex seront en possession du vecteur ou pas et s'ils sont en possession de ce virus du Nil occidental, quelle sera la réaction du virus du Nil occidental par rapport à ces nouvelles conditions de température ?

- Autrement dit, ces projections modélisent la distribution de l'insecte potentiellement vecteur du virus mais ne modélisent pas les projections de l'agent infectieux lui-même mais aussi des interactions qu'il est important de comprendre entre le virus et les fameuses populations de culex qui vont transmettre ou pas ce virus du Nil occidental.

Et donc, globalement, toutes ces cartes sont très exagérées parce qu'elles ne regardent qu'un acteur du jeu qui est bien plus compliqué.

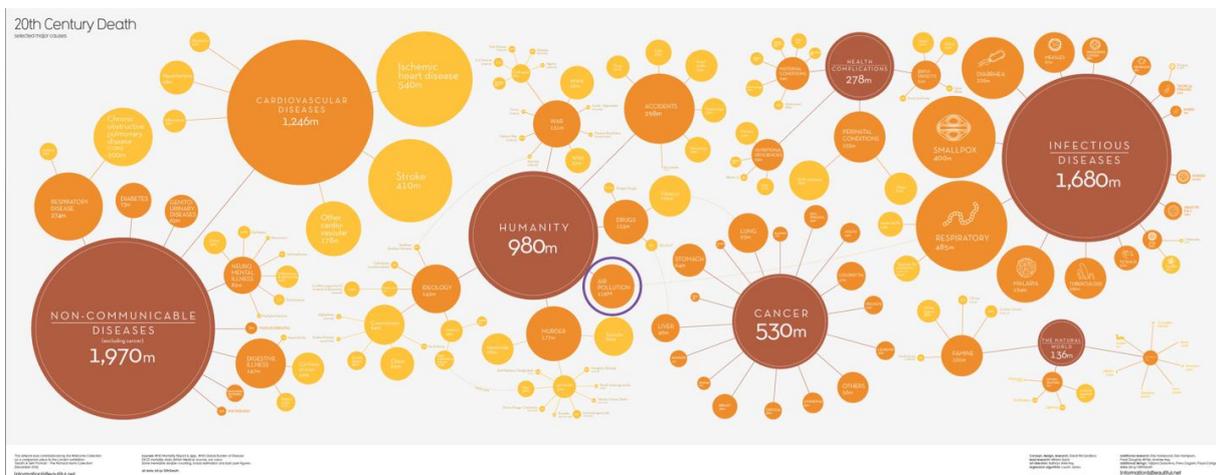
# Changement climatique et qualité de l'air : à la recherche de stratégies de gestion communes

**Augustin COLETTE**

*Ingenieur-Chercheur – INERIS*

Je vais vous parler des liens entre le changement climatique et la qualité de l'air qui sont deux enjeux environnementaux majeurs que l'on considère parfois comme distincts parce que le changement climatique s'intéresse principalement aux gaz à effet de serre, la qualité de l'air, on va regarder plutôt des polluants, donc on ne garde pas forcément les mêmes substances. Comme je vais vous le montrer, il y a quand même des synergies.

- Pour commencer sur la qualité de l'air, j'ai repris ces chiffres de l'Organisation Mondiale de la Santé qui comparent les différentes causes de mortalité sur l'ensemble du XXe siècle.



- ⇒ Le petit rond souligné en bleu au milieu concerne la mortalité attribuée à la pollution encore une fois sur l'ensemble du siècle.
- ⇒ On se rend compte que cette mortalité est très significative, plus de 100 millions de morts sur un siècle, qui correspond à peu près en ordre de grandeur à la mortalité de maladies infectieuses telles que la tuberculose ou à d'autres facteurs comme les deux guerres mondiales réunies.
- Donc un peu plus de 100 millions de morts sur un siècle, si on prend des chiffres sur des années plus récentes, l'OMS nous dit que l'on a à peu près 3,5 millions de morts tous les ans dans le monde à cause de ce facteur de pollution de l'air extérieur. Sur l'Europe ça ferait à peu près 400 000 et sur la France 40 000 décès anticipés.

⇒ Pour mettre en perspective, il faut se souvenir que la mortalité imputable aux accidents de la route est de l'ordre de 3000 ou 4000 décès par an. Donc on est en face d'un enjeu sanitaire qui est vraiment très important.

Donc pourquoi est-ce que l'on considère ce facteur en lien avec le changement climatique ?

➤ En fait il y a deux sources d'interactions qui sont aussi bien sur l'adaptation au changement climatique que sur l'atténuation.

- L'adaptation, on va prendre en compte le fait que finalement le changement climatique, le climat est la somme des éléments météorologiques successifs et certains de ces éléments météorologiques peuvent conduire à la formation d'épisodes de pollution intense.

⇒ Donc on va devoir s'adapter au changement climatique si on gère la question de qualité de l'air.

- Il y a aussi un facteur qui est sur l'atténuation parce que même si je vous ai dit tout à l'heure que les gaz à effet de serre principaux ne sont pas forcément des polluants (on pense au CO<sub>2</sub>), il existe des polluants qui sont aussi des gaz à effet de serre et qui ont ces propriétés de forçage radiatif donc qui peuvent avoir un impact sur le climat.

⇒ On va penser à l'ozone ou au carbone suie.

➤ A partir du moment où on a noté le fait qu'il y a cette boucle de rétroaction, on va être préoccupés d'avoir des politiques de gestion qui sont cohérentes et synergiques entre les deux facteurs.

⇒ On veut être sûr que si on promet une politique pour l'atténuation du climat elle soit bénéfique pour la qualité de l'air, et vice versa.

➤ Donc pour étudier un petit peu l'impact de ces politiques et voir leur efficacité, on va mettre en œuvre des modèles numériques. Des modèles numériques de chimie - transport ou des modèles de qualité de l'air qui représentent l'ensemble des équations de la physique et de la chimie et de l'atmosphère à partir de différentes données d'émission ou une météorologie que l'on peut avoir.

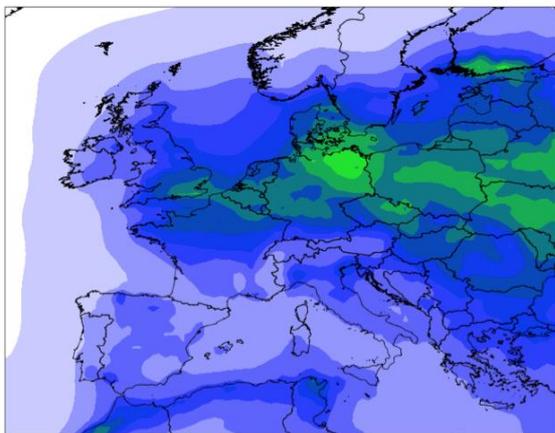
⇒ Ici je vous montre un exemple sur un épisode de pollution intense début 2009 qu'on avait reproduit à très haute résolution où l'on voit bien les zones sources, les grandes villes, les grandes zones industrielles et on voit bien aussi que les panaches de pollution peuvent atteindre des dimensions qui sont très importantes.

➤ Donc ça c'est un modèle que l'on avait fait sur une période donnée, c'est exactement le même type de modèle que l'on utilise pour la prévision de la qualité de l'air tous les jours, par exemple sur la plate-forme [prevert.org](http://prevert.org) où l'on fait des prévisions à l'échelle nationale

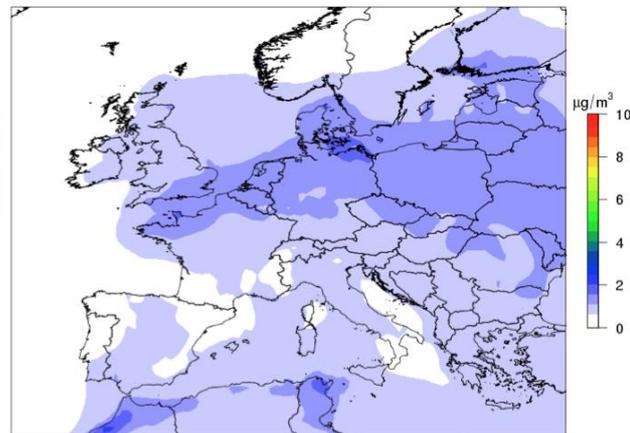
ou peut encore proposer des intégrations à beaucoup plus long terme de ces modèles à l'échelle du siècle pour regarder quels sont les liens entre le climat et la qualité de l'air.

- ⇒ Pour faire ces intégrations, on va devoir prendre des hypothèses sur l'évolution de la société, en particulier ici on montre l'exemple, la consommation énergétique primaire de l'Europe telle qu'elle avait été proposée par le *Global Energy Assesment* il y a quelques années et nous proposent quelques scénarios différents, qui nous proposent de voir quels sont les futurs possibles.
- Donc d'un côté, on va avoir une consommation énergétique en l'absence de toute politique climatique, on a une augmentation de la consommation et puis il y a un recours aux énergies fossiles qui reste important, et de l'autre côté on a un scénario qui tente d'atténuer le changement climatique de telle sorte que le réchauffement soit limité à 2°C d'ici la fin du siècle.
- ⇒ On voit que la consommation énergétique devient plus efficace, la consommation énergétique baisse et le recours aux énergies fossiles est bien moindre, on a une part des énergies renouvelables qui est beaucoup plus importante.
- Donc ces scénarios peuvent être déclinés en termes d'émissions de polluants et fournissent à nos modèles de chimie – transport nos modèles de qualité de l'air.

### Pas de politique climatique



### Atténuation à 2°C

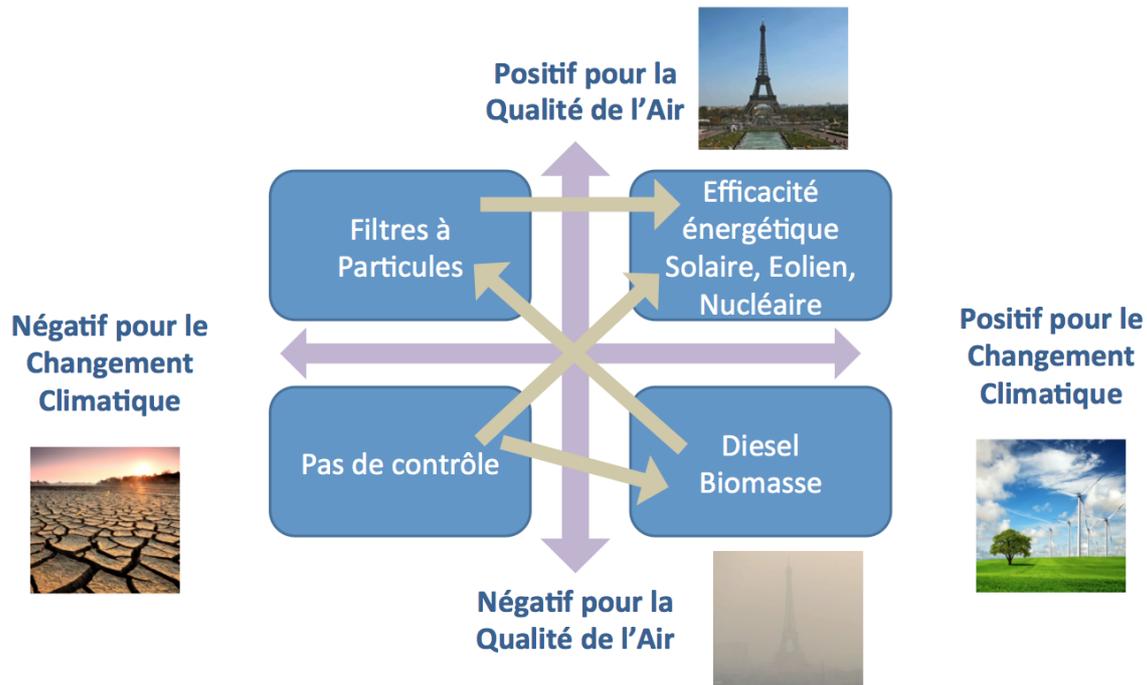


- On va être capables de faire des cartographies de la pollution à l'horizon du milieu du siècle, ici on montre des cartes de particules fines pour 2050.
- ⇒ Dans le scénario de référence, le scénario sans politique climatique et le scénario plus ambitieux, on a une atténuation.
- ⇒ On se rend compte qu'effectivement, le scénario d'atténuation qui était à l'origine uniquement conçu pour le changement climatique a un effet collatéral bénéfique pour la qualité de l'air.

- On peut traduire cette exposition en termes de concentration de particules en impact sanitaire et en chiffre de mortalité et c'est là que l'on va pouvoir faire des analyses coûts - bénéfiques qui vont nous permettre de voir si nos politiques vont coûter cher à la société.
- ⇒ Ces analyses coûts - bénéfiques, on commence par regarder quel est le coût de la technologie. Donc je vous ai dit qu'on avait deux stratégies :
  - Une où on ne faisait rien de spécifique.
  - Et l'autre où on essayait d'atténuer le changement climatique.
- ⇒ Donc effectivement l'atténuation a un coût et l'investissement qui doit être fait dans le système énergétique est supérieur pour le scénario d'atténuation. Mais on va voir que l'on peut compenser ce coût.
- Au premier ordre avec des économies que l'on va faire sur les mesures de gestion de la qualité de l'air.
- Les mesures de gestion de la qualité de l'air en fait c'est le coût des mesures technologiques de dépollution.
- Si l'on prend l'exemple d'un véhicule électrique, il a été mis sur la route principalement parce que l'on voulait éviter les émissions de dioxyde de carbone. Mais une fois qu'il est sur la route, on n'a pas besoin de lui ajouter un filtre à particules donc on économise sur les mesures de technologie qui permettent de dépolluer nos activités.
- ⇒ Donc on va voir une première compensation des coûts de l'atténuation.
- La deuxième compensation, ça va être les coûts sanitaires où en fait, les cartes que je vous ai montrées à l'instant, les cartes d'exposition aux particules peuvent être utilisées pour calculer des chiffres de mortalité à l'horizon du milieu du siècle et à partir de cette mortalité, on va voir quel est le coût que l'on va pouvoir faire économiser à la société.
- Quand on va combiner tout ça, on va se rendre compte que finalement nos deux scénarios arrivent à un coût qui est à peu près équivalent, ce qui est très intéressant pour soutenir ces politiques.
- ⇒ Parce qu'il faut rappeler que l'on s'intéressait à l'origine à d'autres scénarios qui étaient uniquement conçus pour le changement climatique.
- La qualité de l'air, ici, l'amélioration des conditions sanitaires constituent uniquement une externalité, un effet collatéral qui est bénéfique mais qui n'était pas forcément attendu mais qui peut constituer par contre un levier important pour convaincre les politiques, pour mettre en place des mesures d'atténuation du climat sachant qu'ils vont avoir d'autres effets bénéfiques.

Donc tout ça peut sembler un petit peu optimiste, on se projette tout de suite d'ici à 2050 et la situation pour y arriver n'est pas forcément aussi simple.

- En fait, si on regarde sur ce genre de diagramme où on va positionner les politiques bénéfiques ou négatives pour le climat sur l'axe horizontal et bénéfiques ou négatives pour la qualité de l'air sur l'axe vertical, on commence du cadran qui est en bas à gauche où on n'a pas spécifiquement de politique de contrôle et on va vouloir arriver dans le cadran en haut à droite où on a efficacité énergétique, recours au renouvelable.



- Mais la route pour y arriver n'est pas forcément aussi simple et on s'en est rendu compte depuis déjà une dizaine d'années, on a commencé plutôt d'abord à promouvoir des stratégies telles que la fabrication et l'utilisation du diesel, l'utilisation de la biomasse pour le chauffage résidentiel qui sont plutôt des bonnes mesures pour le climat mais, on l'a vu, sont plutôt mauvaises pour la qualité de l'air.
- Donc on va corriger ça en mettant par exemple des filtres à particules ce qui va réaugmenter la consommation des véhicules et on espère revenir sur la route avec encore un dernier grand coup de volant pour arriver enfin à ces mesures, à cette société qui sera plus efficace.
- ⇒ On a vu que cette société plus efficace elle est possible, elle est rentable mais par contre elle n'est pas forcément simple à atteindre et c'est tout le défi de la transition.